

MVChair: コミュニケーションと包摂性を指向した VR 空間用移動制御インタフェース

小尾 賢生^{1,a)} 岡田 千寛¹ Laura Alejandra Martinez-Tejada¹ 船越 孝太郎^{1,b)}

概要: メタバースは社会の持続性と多様性・包摂性を高める可能性を秘めた技術として期待されている。3次元メタバースでは、多数のユーザが同一仮想空間で自由に移動し、身体性のあるコミュニケーションを行う。しかし、既存のインタフェース（キーボード・マウス環境やヘッドマウントディスプレイ）は、成人健常者を前提として設計されており、社会的弱者の参加障壁となっている。本研究は、万人のコミュニケーション体験を最大化し、同時に社会的弱者の参加障壁を最小化するヒューマンマシンインターフェース技術の開発を目指している。本稿では、本研究の一貫として試作した「MVChair」を紹介する。MVChairでは頭部の動きと呼吸で空間内の移動操作ができる、椅子の回転により体の向きを制御でき、上半身の動きは画像認識によりアバターに反映される。F 陣形を形成している状況では、コミュニケーションのための頭部の動きでアバターが動いてしまわないように、移動操作が抑制される。これにより、使用者はハンドコントローラなどを持つことなく、メタバースでの移動と身体的コミュニケーションを行うことができる。

1. はじめに

本稿は、バーチャルリアリティ（VR）空間上のメタバースサービスにおける包摂性（inclusion）を高めるための、ヒューマンマシンインタフェースに関する提案を行う。一時期の過剰な注目は収まったものの、社会の持続性や多様性、人々の幸福を高めるための道具としてメタバースの活用は依然として期待されている。バーチャルリアリティ技術を用いた代表的な3次元メタバースサービス（図1）として、VRChat^{*1}が挙げられる。以降では、特に3次元メタバースを指してメタバースとよぶ。

本来のVRでは没入感・再現性の高い疑似体験や訓練を目的に単独での利用が想定されていた。これに対しメタバースでは、同一の仮想空間（ワールド）に多数のユーザが共存するなかで、各々のユーザが空間内を自由に移動して他のユーザとコミュニケーション（端的に言えば雑談）することが第一の目的となっている。もちろんワールド内では様々なゲームやアクティビティを他のユーザと共同で体験することもできる。メタバースでは、Zoomなどのビデオコミュニケーションサービスとは異なり、ユーザの身体性が仮想空間にアバターとして投影される。そのため、特に3次元メタバースでは、F 陣形 [1], [3] と呼ばれる空間配



図 1: 3次元メタバースにおける F 陣形の形成

置も自然に形成される [2]。F 陣形は現実世界で人間が複数人が集まって会話する場面で文化・社会を問わずに必ず確認される位置取りのことである。

現在のメタバースへの参加方法は大きく2種類ある。1つはキーボード・ビデオモニタ・マウス（KVM）を用いる一般的なPC環境を利用する方法で、もう1つはMeta Quest^{*2}などのヘッドマウントディスプレイ（HMD）と付属の専用ハンドコントローラを用いる方法である。KVM環境は普及しているためアクセスしやすいが、アバタの操作性に限界がある。一般に水平面上の体の位置・方向（キーボード操作）と頭部のピッチ・ヨー（マウス操作）のみを制御できる。一方でHMDの場合はアバタの頭部がユーザの頭部にリンクされるのでロールの制御も可能であり、

¹ 東京科学大学

^{a)} smalltail @ lr.pi.titech.ac.jp

^{b)} funakoshi @ lr.pi.titech.ac.jp

^{*1} <https://hello.vrchat.com>

^{*2} <https://www.meta.com/jp/quest/>

ユーザが持つハンドコントローラの位置がアバタの手の位置にリンクされるので「手を振る」といった身体的コミュニケーション行為も比較的容易に行うことができる。しかしながら、これらの操作インターフェースはVRの単独利用を念頭に設計されており、必ずしも他者とのコミュニケーション体験を最大化するようには設計されていない。

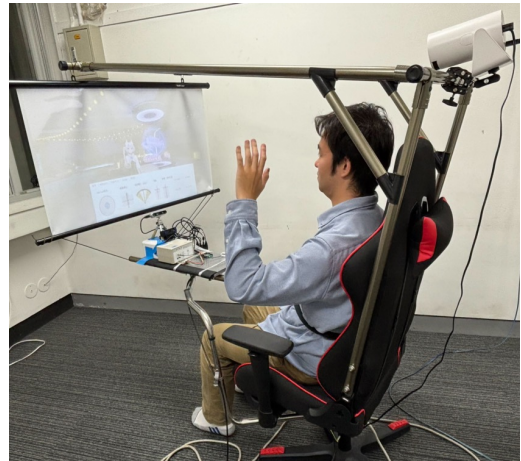
また、前述のようにメタバース内では、距離などの物理世界の制約を超えて、他者と共同で様々な体験・交流ができる。そのため、しばしば身障者を含む社会的弱者の社会参加・機会創出の手段としても期待されてきた。確かに仮想空間内では現実社会に存在する多くの障壁を無くすることができる。しかしKVMにしるHMD（とそのハンドコントローラ）にしる、基本的には心身に問題がないことが利用の前提となっており、誰もが使えるものではない。特にHMDは重量があり圧迫も強いため健常者でも長時間の利用に困難を覚える事が多い。HMDの軽量化は進んでいるが、視覚保護のために小児の利用が禁止されている現状を変えることは難しい。ヒューマンマシンインターフェースがメタバースの参加障壁となっている現実がある。

そこで本研究では、コミュニケーションを指向するメタバースにおいて、万人のコミュニケーション体験を最大化しつつ、健常者を想定したインターフェース設計によって参加を阻まれてしまっている社会的弱者の参加障壁を最小化するヒューマンマシンインターフェース技術の開発に取り組んでいる。本稿ではその一環として試作した椅子型インターフェースMVChairを紹介する。

MVChairでは、ユーザは頭部の動きを用いて空間内を移動できる。MVChairにはスクリーンが取り付けられておりワールドの様子が投影される。スクリーンに投影される映像は椅子の回転に同期するため、体の向きの微妙な調整も自然に行える。このためユーザはハンドコントローラを持つ必要がない。一方でユーザの頭部や腕の動きは画像認識を通じてアバタの姿勢にリンクされる。また、頭部の動きだけで移動制御をサポートするユニークな手段として、呼吸を用いて移動速度の制御を行う仕組みを備えている。他者とのコミュニケーション時には、コミュニケーションに伴う頭部の動きが意図しない不要な移動を起こさないように自動的に制限される。

2. MVChair

コミュニケーション指向の移動制御インターフェースとして、椅子型のVRChat用インターフェース(MVChair)を試作した。ユーザはMVChairに座り、VRChat上のアバタの操作を行う。MVChairにおいては、ユーザは移動やアバタの姿勢制御に加え、対面ユーザとの一定距離の維持や細かな位置調整・回転が行える。試作したMVChairを図2に示す。



(a) 外観



(b) 投影画面

図 2: 試作した MVChair

2.1 システム概要

MVChairは、頭部姿勢を用いた移動・回転機能、頭部深度を用いた前進機能、椅子の回転を用いた回転機能、呼吸を用いた前進機能、アバタ対面時の移動抑制機能という5つの機能を用いて、VRChat上でのユーザ移動を制御する。また、RGBカメラを用いてユーザ動作をアバタへと反映する。

頭部姿勢を用いた移動・回転機能: 本機能は、アバタの細かな後退・左右移動、アバタの大きな回転に用いられる。システムは、ユーザ前方に設置されたRealSense^{*3}を用いて、ユーザの正面からのRGB画像をリアルタイムで取得する。得られた画像を入力とし、Mediapipe [4]を用いて顔の特徴点を取得する。その後、得られた特徴点を入力として、OpenCVのsolvePnP^{*4}を用いて頭部姿勢を計算し、頭部の角度を取得する。システムは回転角が閾値を超えた場合、頭部が傾いているとみなし、OSC^{*5}を用いてVRChat上でのアバタの移動・回転を行う。閾値の変更や回転角の補正は、GUIを用いて調整が可能である。

頭部深度を用いた前進機能: 本機能は、アバタの細かな前進に用いられる。システムはRealSenseから得られる顔

^{*3} <https://www.intelrealsense.com>

^{*4} https://docs.opencv.org/4.x/d5/d1f/calib3d_solvePnP.html

^{*5} <https://docs.vrchat.com/docs/osc-overview>

の特徴点と深度画像を用いて、両目部分までのカメラからの距離情報を取得する。得られた距離が閾値を下回った場合、ユーザの顔が前に出ていると判断し、アバタを前進させる。閾値は GUI を用いて調整が可能である。

椅子の回転を用いた回転機能: 本機能は、アバタの細かな回転に用いられる。システムは椅子型デバイスに取り付けられた 3 軸加速度センサを通して、ユーザが行った椅子の回転を取得する。椅子の横向きの回転が取得された場合、椅子の回転量に応じたアバタの回転を行う。

呼吸を用いた前進機能: 本機能は、アバタを大きく前進させるために用いられる。ユーザはインタフェースの使用開始時に、腹部へとセンサベルトを装着する。センサベルトを通して、ユーザの呼吸波形が常に取得される。息を吸い込んだ際の波形の勾配量が閾値を超えた場合、ユーザが素早く息を吸い込んだとみなして、アバタの前進を開始する。アバタの前進はユーザが息を吐き始めるまで継続する。閾値は GUI を用いて調整が可能である。呼吸波形もカメラ画像から推定可能 [5] だが、今回は精度を重視して装着型センサを使用した。

アバタ対面時の移動抑制機能: 本機能は、コミュニケーションに向けたアバタの位置制御のために用いられる。システムは YAIBA*6を用いてワールド内のユーザ位置・回転情報を常に取得する。ユーザ正面に他ユーザのアバタが存在する場合、システムはアバタの移動量を抑制する。アバタの距離が一定まで近づいた際には、他アバタを突き抜けて移動しないように、前方への移動を停止する。

RGB カメラを用いたアバタ制御機能: RGB カメラを用いて得られるユーザの頭部動作・腕動作をアバタに反映する。ユーザ動作の取得には、Webcam Motion Capture*7を用いた。ユーザ動作のアバタへの反映には、デスクトップフルトラシステム*8を用いた。

2.2 スマートグラスを用いた頭部姿勢の取得

頭部姿勢の正確な取得を目的に、XReal Air2 スマートグラス*9を用いて頭部姿勢を取得するオプションを作成した。ユーザは MVChair の操作開始時にスマートグラスを装着する。システムは PhoenixHeadTracker*10を用いて、ユーザのスマートグラスの傾きを取得する。取得値はユーザの頭部の角度として用いられる。

2.3 HMD 版インタフェースの試作

頭部姿勢の正確な取得に加え HMD が持つ没入感の高さを考慮し、HMD を装着しながら同様の操作が可能となるインタフェースも試作した。本インタフェースは OpenVR

を用いてユーザの頭部位置や角度を取得し、MVChair と同様にアバタの制御を行う。

3. 今後の展望とまとめ

本研究はメタバースにおけるコミュニケーション指向の移動制御インタフェースの開発に取り組み、本稿ではその一環で試作した MVChair を紹介した。MVChair では、ユーザはコミュニケーションのための他ユーザへの接近や、コミュニケーション中の位置・角度調整を、ヘッドマウントディスプレイ・ハンドコントローラを用いずに行う事ができるほか、画像認識によって上半身の動きをアバタに反映することができる。

今後は MVChair の操作性をより高めるための技術に加えて、呼吸以外の生体情報の活用技術や、メタバース内に形成されている F 陣形への参加を支援する技術などの開発に取り組む。

謝辞

本研究は東京工業大学 DLab Challenge 2022 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 坊農真弓. 会話構造理解のための分析単位: F 陣形. 人工知能, Vol. 23, No. 4, pp. 545–551, 2008.
- [2] 長谷川晶一. 近接チャットと HMD VR によるメタバースの相違点. バーチャル学会発表概要集, pp. 34–37, 2022.
- [3] Adam Kendon. *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters*, Vol. 7. CUP Archive, 1990.
- [4] Camillo Lugaresi, Jiuqiang Tang, Hadon Nash, Chris McClanahan, Esha Uboweja, Michael Hays, Fan Zhang, Chuo-Ling Chang, Ming Yong, Juhyun Lee, Wan-Teh Chang, Wei Hua, Manfred Georg, and Matthias Grundmann. Mediapipe: A framework for perceiving and processing reality. In *Third Workshop on Computer Vision for AR/VR at IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2019*, 2019.
- [5] Takao Obi and Kotaro Funakoshi. Video-based respiratory waveform estimation in dialogue: A novel task and dataset for human-machine interaction. In *Proceedings of the 25th International Conference on Multimodal Interaction, ICMI '23*, p. 649–660, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.

*6 <https://github.com/ScienceAssembly/YAIBA-VRC>

*7 <https://webcammotioncapture.info/>

*8 <https://kirisamenanoha.booth.pm/items/5030353>

*9 <https://www.xreal.com/jp/air2/>

*10 <https://github.com/iVideoGameBoss/PhoenixHeadTracker>